

储能技术对新能源电力稳定性的影响研究

赵舒敏

内蒙古华电新能源分公司 内蒙古 呼和浩特 010000

摘要: 新能源电力因间歇性、波动性特征,大规模并网给电力系统稳定性带来严峻挑战。储能技术作为平抑新能源出力波动的核心手段,其应用质量直接决定新能源电力的消纳效率与供电可靠性。本文明确新能源电力稳定性的核心内涵,从频率、电压、电能质量、供电可靠性及新能源消纳五个维度,系统剖析储能技术的影响机理,并对比不同储能技术的影响差异。在此基础上,构建储能配置优化模型,设计协同调控策略及极端场景应对方案,最后展望储能技术的融合发展、场景拓展与产业生态构建趋势。研究成果为提升新能源电力稳定性、推动储能技术规模化应用提供理论与实践参考。

关键词: 新能源电力; 储能技术; 电力稳定性

引言: 在“双碳”目标推动下,风电、光伏等新能源电力规模化发展,正成为能源供应体系核心。但新能源电力受自然条件影响,出力有间歇性与强波动性,大规模并网会引发电力系统频率波动、电压偏移等稳定性问题,阻碍新能源消纳与系统安全运行。储能技术有“充放电调节”功能,能削峰填谷、平滑调节新能源出力,是解决稳定性难题的关键。当下储能技术迭代快,但在适配与配置优化上有不足,开展相关研究意义重大。

1 新能源电力稳定性核心内涵

新能源电力稳定性是指风电、光伏等新能源发电系统在正常运行或遭受外部扰动后,仍能维持自身运行参数稳定、保障电能持续可靠供应的能力,其核心内涵涵盖多维度指标的协同稳定。从系统运行层面看,核心包括频率稳定性、电压稳定性与电能质量稳定性,三者共同构成新能源电力稳定运行的基础。频率稳定性要求新能源并网后,电力系统频率维持在 $50\text{Hz}\pm 0.2\text{Hz}$ 的标准范围内,避免因出力波动引发频率大幅偏离;电压稳定性需确保并网点电压偏差控制在允许区间,防止电压骤升或骤降导致设备损坏。电能质量稳定性则聚焦电压谐波、三相不平衡等指标,避免电能质量超标影响用电设备正常运行^[1]。从应用价值层面看,新能源电力稳定性还包含供电可靠性与新能源消纳能力两个延伸维度,前者强调在极端天气、设备故障等场景下的持续供电能力,后者体现稳定性对新能源出力消纳效率的支撑作用,共同构成新能源电力稳定性的完整内涵体系。

2 储能技术对新能源电力稳定性的影响机理分析

2.1 对频率稳定性的影响

储能技术通过快速充放电调节,成为维持新能源电力系统频率稳定的核心手段,其影响机理体现在波动平

抑与备用支撑两方面。新能源出力骤增时,储能系统主动进入充电模式,快速吸收多余电能,避免系统有功功率过剩导致频率升高;当新能源出力骤降或负荷突增时,储能系统立即切换至放电模式,快速释放存储电能,补充有功功率缺口,抑制频率下降。相较于传统火电调频,储能技术(尤其是锂电池、飞轮储能)响应速度更快,通常可在毫秒级完成功率调节,能有效平抑新能源出力的高频波动。同时,储能系统可作为备用电源参与系统调频,通过预设充放电阈值与调节策略,提升系统频率的抗扰动能力。例如,在大规模光伏电站配置锂电池储能系统,可将光伏出力波动幅度控制在 $\pm 5\%$ 以内,显著降低频率波动风险,保障系统频率稳定在允许范围。

2.2 对电压稳定性的影响

储能技术通过无功功率调节与电压支撑,直接提升新能源电力系统的电压稳定性,其作用机理与储能类型及接入方式密切相关。具备无功调节能力的储能技术(如储能变流器PCS),可通过控制输出电压幅值与相位,实时补偿新能源出力波动引发的无功功率缺口,避免并网点电压偏移。当新能源出力增加导致并网点电压升高时,储能系统通过吸收无功功率降低电压;当出力减少导致电压降低时,储能系统释放无功功率抬升电压,实现电压精准调控。此外,储能系统的接入可提升新能源发电系统的低电压穿越能力,在电网故障导致电压骤降时,储能系统通过持续供电维持关键设备运行,避免新能源机组大规模脱网,进而保障电压稳定。分布式储能的分散接入还能优化区域电网电压分布,缓解偏远地区新能源并网带来的电压波动问题^[2]。

2.3 对电能质量稳定性的影响

储能技术通过平滑出力波动、抑制谐波污染,显著

提升新能源电力的电能质量稳定性,其影响聚焦于解决新能源发电的核心电能质量问题。新能源出力的间歇性易引发电压闪变、波动等问题,储能系统通过实时充放电调节,平滑新能源出力曲线,减少功率波动对电网的冲击,从源头降低电压闪变风险。对于新能源发电设备(如光伏逆变器)产生的谐波污染,部分储能系统(如超导储能、超级电容储能)可通过滤波功能抑制特定频次谐波,降低谐波畸变率,保障电能质量符合GB/T 12325-2022标准。同时,储能系统可应对三相不平衡问题,通过调节各相功率输出,平衡三相电流,避免不平衡电流对用电设备及电网运行造成影响。尤其在分布式新能源并网场景中,储能技术的应用可大幅提升局部电网的电能质量,为敏感负荷提供稳定供电。

2.4 对供电可靠性与新能源消纳的影响

储能技术通过“削峰填谷”与“应急供电”双重作用,同步提升新能源电力的供电可靠性与消纳能力。在供电可靠性方面,储能系统可作为分布式电源,在电网故障或新能源出力中断时,快速切换为孤岛运行模式,为关键负荷持续供电,缩短停电时间,提升供电连续性。例如,在新能源微电网中配置储能系统,可将供电可靠性提升至99.9%以上。在新能源消纳方面,储能系统可吸收新能源大发时段的富余电能,在负荷高峰或新能源出力低谷时释放,有效缓解“弃风弃光”问题。通过储能调节,新能源发电的可预测性与可控性显著提升,降低了大规模并网对电网的冲击,为新能源电力的全额消纳提供保障。数据显示,配置合理容量的储能系统,可使区域新能源消纳率提升15%-30%,大幅提升新能源资源利用率。

2.5 不同储能技术影响的差异化对比

不同类型储能技术因技术特性差异,对新能源电力稳定性的影响存在显著不同,核心差异体现在响应速度、调节容量、续航能力等方面。锂电池储能响应速度快(毫秒级)、能量密度高,适合平抑高频波动与调频调压,对频率、电压稳定性提升效果显著,但循环寿命有限,成本较高。抽水蓄能储能容量大、续航能力强,适合大规模新能源消纳与系统削峰填谷,对供电可靠性支撑作用突出,但响应速度慢(分钟级),受地理条件限制大。飞轮储能与超级电容储能响应速度极快(微秒级),适合抑制短时功率波动与保障电能质量,但能量密度低,续航能力弱。氢能储能续航能力强、储能周期长,适合跨季节储能与偏远地区新能源消纳,但转化效率低,技术成熟度有待提升。实际应用中需根据新能源类型、电网需求选择适配的储能技术。

3 储能配置与调控策略优化

3.1 储能配置优化模型构建

储能配置优化模型以“经济性与稳定性协同最优”为目标,综合考虑新能源出力特性、电网约束及负荷需求构建。模型输入参数包括新能源历史出力数据、负荷预测数据、储能技术参数(充放电效率、寿命、成本)及电网运行约束(频率、电压阈值)。目标函数设定为最小化储能全生命周期成本(含投资、运维、损耗成本)与最大化新能源消纳率、电力稳定性指标。约束条件涵盖储能充放电功率约束、容量约束、电网安全运行约束等。采用粒子群优化算法、遗传算法等智能优化算法求解模型,输出最优储能容量、接入位置及充放电阈值。模型还需引入不确定性分析模块,考虑新能源出力与负荷波动的随机性,提升配置方案的鲁棒性。例如,针对光伏电站的储能配置,模型可根据不同季节光伏出力特性,动态优化储能容量,实现稳定性与经济性平衡。

3.2 储能协同调控策略设计

储能协同调控策略核心是实现“储能-新能源-电网”三方协同运行,提升整体稳定性与运行效率。采用分层调控架构,上层为区域电网全局调控,基于电网运行状态与新能源出力预测,制定储能系统总体充放电计划;下层为储能单元本地调控,实时响应新能源出力波动与电网电压、频率变化,进行精准功率调节。引入大数据与人工智能技术,构建新能源出力预测模型,提升预测精度,为调控策略制定提供支撑。建立多类型储能协同调控机制,发挥不同储能技术优势,例如锂电池储能负责短时调频调压,抽水蓄能负责长时削峰填谷,形成互补调控格局。设计储能与新能源机组的协调控制逻辑,当新能源出力波动超出阈值时,储能系统优先响应,避免新能源机组频繁启停,保障系统稳定运行。

3.3 考虑极端场景的储能优化方案

考虑极端场景(如极端暴雨、暴雪、持续阴天等)的储能优化方案,其核心目标在于显著提升新能源电力系统的抗风险能力与应急保障能力,确保在恶劣条件下电力供应的稳定可靠。深入研究极端场景下新能源出力的衰减规律以及负荷需求的变化特点,科学合理地增加储能备用容量。以高纬度地区为例,冬季暴雪常常导致风电出力骤降,此时可额外配置20%-30%的储能备用容量,为电力系统提供充足的功率支撑,避免因新能源出力不足而引发停电事故。设计一套完善的极端场景识别与响应机制,借助先进的传感器和监测系统,实时获取气象数据与电网运行参数,通过大数据分析和智能算法,提前精准预判极端场景的发生。一旦判断极端场景即将来

临,迅速调整储能的充放电策略,提前储备足够的电能。建立储能与应急电源的协同机制,当新能源发电完全中断时,储能系统与应急电源能够无缝衔接、联合供电,优先保障医院、交通枢纽等关键负荷的用电需求^[3]。另外,还需优化储能系统在低温、高温等极端环境下的适应性设计,采用特殊的材料和工艺,提升其在极端条件下的运行稳定性和使用寿命,确保储能系统在各种恶劣环境下都能正常发挥作用。

4 储能技术未来发展趋势

4.1 技术融合方向

储能技术未来将呈现多技术深度融合的发展趋势,核心是通过技术融合突破单一储能技术的局限。一方面,储能技术与新能源技术深度融合,形成“光储充”“风储氢”等一体化系统,提升新能源发电的稳定性与可控性。例如,光伏电站与锂电池储能、充电桩融合,实现电能生产、存储、消费的闭环运行。另一方面,储能技术与智能电网、数字技术融合,依托5G、物联网、大数据技术,构建智能化储能管理平台,实现储能系统的远程监控、精准调控与故障预警。此外,跨类型储能技术融合加速,如锂电池与超级电容组合储能系统,结合两者响应速度快与能量密度高的优势,提升综合性能。新型储能材料的研发与应用也将推动技术升级,如钠离子电池、全钒液流电池等,将大幅提升储能系统的经济性与安全性。

4.2 应用场景拓展

储能技术的应用场景将从传统发电侧、电网侧向用户侧深度拓展,形成全场景覆盖格局。发电侧将聚焦大规模新能源基地配套储能,提升新能源消纳与电网稳定能力,如西北大型风电光伏基地配置GW级抽水蓄能或新型储能项目。电网侧将强化储能在电网调频、备用电源、跨区域电能传输中的应用,提升电网灵活调节能力。用户侧储能场景将持续丰富,除工业大用户削峰填谷储能外,住宅分布式储能、商业综合体储能将快速发展,结合虚拟电厂技术,实现用户侧储能的聚合调控,参与电网互动^[4]。另外,储能技术将向交通、应急等领域延伸,

如新能源汽车动力电池梯次利用储能、应急救援移动储能系统,进一步拓展应用边界,释放多元价值。

4.3 产业生态构建

储能技术未来将推动形成“技术研发-装备制造-运营服务-回收利用”全链条产业生态,实现规模化、高质量发展。在政策层面,将逐步完善储能产业标准体系、价格机制与市场准入机制,鼓励储能参与电力辅助服务市场,保障储能项目收益。在产业协同层面,将加强上下游企业协同,形成“材料企业-储能设备厂商-新能源发电企业-电网企业”的协同发展格局,推动技术创新与成本下降。在绿色发展层面,将构建储能设备全生命周期管理体系,重点推进动力电池梯次利用与回收技术研发,降低环境污染风险。同时,国际合作将持续深化,通过技术引进、联合研发等方式,提升我国储能产业的国际竞争力,推动储能技术在全球范围内的普及应用。

结束语

储能技术作为破解新能源电力稳定性难题的核心支撑,其对频率、电压、电能质量等维度的稳定作用已得到广泛验证。通过科学的储能配置优化与协同调控,可有效提升新能源电力的供电可靠性与消纳效率,为新型电力系统构建奠定基础。未来,随着技术融合深化、应用场景拓展与产业生态完善,储能技术将迎来更大规模的应用,进一步推动新能源电力高质量发展。通过各方努力,储能技术将在保障能源安全、推动“双碳”目标实现中发挥更加重要的作用,助力能源体系向清洁低碳转型。

参考文献

- [1]陈列芳.基于电力新能源应用发展的电气节能技术研究[J].中国战略新兴产业,2025,(03):86-88.
- [2]王逊,侯丽君.新能源并网对继电保护系统的影响及其应对策略研究[J].全面腐蚀控制,2024,38(12):70-72.
- [3]郭伟.新能源与储能系统协同控制策略研究[J].电力系统装备,2025,7(7):13-15.
- [4]杜预测,董海鹰.基于主从博弈的储能电站协同源荷消纳新能源调控策略[J].综合智慧能源,2023,11(11):1-9.